

トランジスタ技術

Audio & Electronics

1975

8

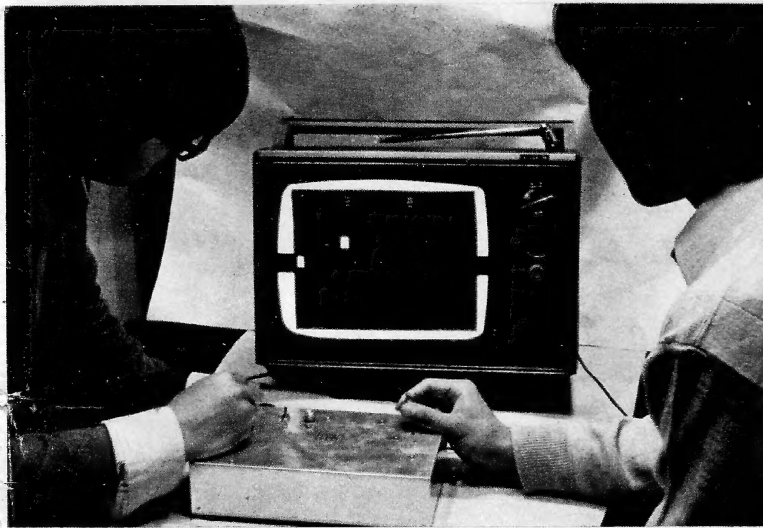
〈特集〉 汎用OPアンプのグレードアップ技法

〈別冊付録〉 最新半導体情報 No. 74



CR Box
tokyo musen kizai

のコンピューター周辺のパッケージとIC



電子ホッケー の製作

新津茂夫

最近繁華街のゲーム・コーナーに、電子化された各種ゲームがいろいろありますが、その中でもTVを使った電子ピンポンやバスケットなど、いったいどうやって動作させているのだろうか、少し電気をかじった人なら考えさせられるところです。

実際これらのゲームの大部分は、デジタル的に処理され、複雑な回路となっているようですが、できるだけ回路を簡単にかつ安価に、またゲームとしてのおもしろさをできるだけ多く、さらにTVとのインターフェースを簡単にという目標で、アナログ的に考えて作ったのが、自称「電子ホッケー」なる家庭用ゲーム・マシンの誕生となったわけです。

クリップで、自宅のTVのアンテナ端子につなぐだけで、即ホッケー場に早変わりというわけですが、ここではカラー表示はしていません。

あの複雑怪奇なカラーTVの裏板を

はずして、線を数本付けてもよいというのでしたら、意外と簡単にカラー化できるのですが、初期の目標とはずれるのでここでは白黒表示としています。

このゲーム・マシンは、基本的な動作さえわかれば、回路はそれを組み合わせてあるだけなのでそれほどむずかしくはありませんが、TVに映すため最終的に映像信号を作るので、TVをはじめての人には少し理解しにくいかもしれません。

ゲームの概要

表示は図1のように、周囲のわくとゴール、それに二つのラケットと球です。ラケットは4ch用の可変抵抗でフィールド内を自由に動かことができます。このラケットのそれぞれの面の当たった側へ球を反射させますが、またそれと同時に左右に当

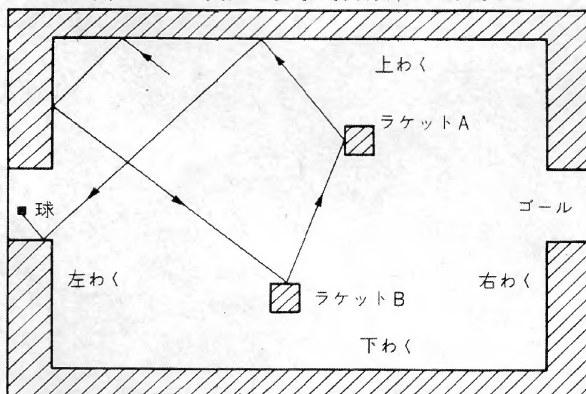
たれば左右の速度を、上下に当たれば上下の方向の球の速度を当てることに増加させます。

球はわくに等角反射をしながら動いていきますが、球自体だんだん速度を落としていき、ラケットに当たらなければ最後は止まるようになります。また球がゴールのわく内へ入ると、そのまま反射しながら奥へ入っていった得点となるわけです。

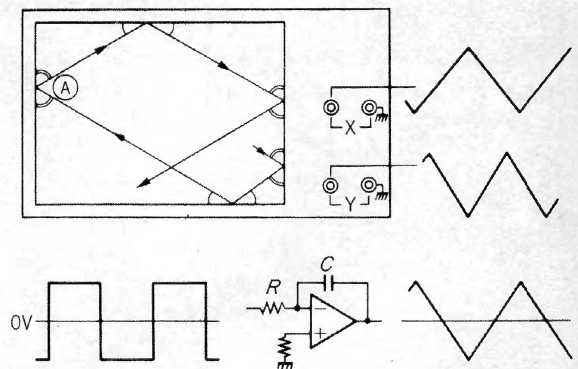
まず、スタートSWを押すと球は中央に置かれます。このままでは球は動きませんから、ラケットで当てることにより、球は速度を増していき、わくの反射などを利用して相手のゴール内へ入れ合うわけです。このゲームのおもしろさは、打ち合いになると球の速度がどんどん増していったら、ラケットが追いつかなくなり、なかなか相手のゴールに入れられないというところです。

一度ゴールへ入れますと、スター

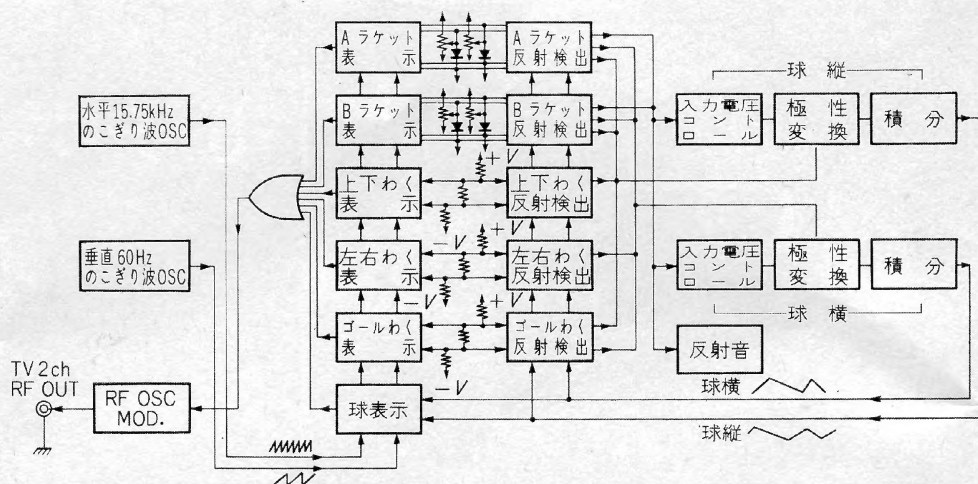
〈図1〉TV画面の表示（斜線部は白表示）



〈図2〉三角波による球の動きと三角波の作り方



本機のブロック・ ダイアグラム



トSWを押さないかぎり球は出てきません。遊び方としては一定の時間を決めておき、相手のゴールに何回入れたかで得点を競うのが良いかと思えます。

回路構成

このゲームはラケットやゴール、球のスピードの変化など余分な回路がはいっていますが、本質的な動きは球がわくの中を等角反射をしながらか動くことです。

ここに一つのおもしろい実験があります。オシロスコープをX-Yにして両端子に正弦波を入れますと、リサージュ図形を描くことは誰でも知っています。それではこの両軸に、それぞれ少しだけ周波数の離れた0.5Hz くらいのゆっくりした発振周波数の三角波を入れたら輝点はどう動くでしょうか。

図2において輝点の動きをX成分、Y成分に分解して考えると、それぞれの速さは三角波のためいつも一定ですので、A点においてはY成分はそのまま上に動いているのに対して、

X成分は反転するので等角反射をし、あたかも壁にあたったかのように反射します。

この球の動きは実におもしろく、なかなかあきのこないものなのですが、ただこのようなゆっくりした三角波の発振器はあまりありませんので、作るとしたら図のように方形波を積分するのも一つの方法です。

全体の回路構成は図3のようになります。この左半分は表示のための回路であり、球の動きには何ら関係ありません。つまり、この部分では球やわくなどの電圧関係を縦は垂直、横は水平ののこぎり波を使って、画面上の位置に変換して映像信号としています。したがって、実際の球の動きとTV上の球の動きがずれることはありません。

さて次に右半分の反射検出部分と球を作る部分ですが、球はさきほどの説明で三角波を使えばよく、過去に試作した電子ピンポンもこの方法で作っていましたが多少問題を生じました。今回も最終的には三角波を利用することにしましたが、あくまでも積分をして作るという考えか

ら始めています。

まずある入力電圧を積分していくと球は動いていき、わくと同じ電圧になると、当たったというパルスの指令により極性変換で入力電圧を反転させて、逆側に積分をし始め、球は反射されたことになります。このように上下左右わくで電圧をおさえられていますので、球はそれ以上の電圧になることはできず、最終的には球は三角波となるわけです。ただしゴールは別で、そこには電圧の壁はないので球はそのまま入っていきます。

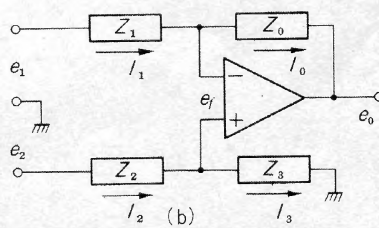
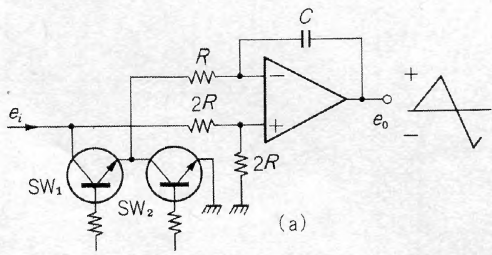
またラケットに当たると、パルスにより極性を反転すると同時に、入力電圧を増加させて、積分の時間を速くする、つまり球のスピードを増加させたことになります。そのほかラケットに当たると、反射音がNANDの発信音で一定時間出るようにしてあります。

以上で大まかな回路動作を説明しましたので、次にそれぞれの回路について詳しく説明していきましょう。

球

球をつくる部分は図4(a)の回路

＜図 4＞
積分の反転



において、トランジスタSWのSW₁、SW₂のどちらがONかによって、積分の入力電圧の極性が選べますので、球の電圧がラケットやわくの電圧に等しくなったときに出る反射パルスにより、積分は反転されて三角波を作っています。

ところで、なぜこの回路で積分が反転されるかは、図4(b)を見て下さい。

ここで、 $I_1 = I_0$ 、 $I_2 = I_3$ とすると、

$$I_1 = \frac{e_1 - e_4}{Z_1} = \frac{e_f - e_0}{Z_0}$$

となります。したがって、

$$e_0 = e_f \left(1 + \frac{Z_0}{Z_1} \right) - \frac{Z_0}{Z_1} e_1$$

また、

$$e_f = \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} e_2$$

であるので出力の式は、

$$\therefore e_0 = \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} \left(1 + \frac{Z_0}{Z_1} \right) e_2 - \frac{Z_0}{Z_1} e_1$$

この式に、 $Z_0 = 1/SC$ 、 $Z_1 = R$

$Z_2 = 2R$ 、 $Z_3 = 2R$ を代入すると、

$$e_0 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{SCR} \right) e_2 - \frac{1}{SCR} e_1$$

(ただし、 S はラプラス変換の変数)となります。

さらにSWの条件を入れますと、SW₁がON、SW₂がOFFでは、

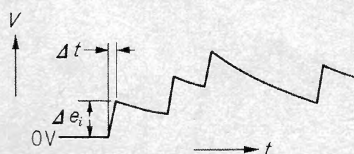
$$e_1 = e_2 = e_i$$

$$\therefore e_0 = \frac{1}{2} e_i - \frac{1}{2CR} \int e_i dt \dots (1)$$

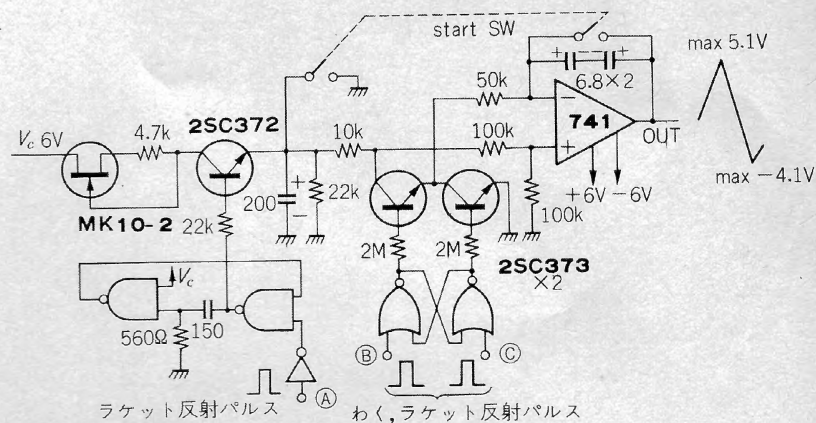
SW₁がOFF、SW₂がONでは、 $e_1 = 0$ 、 $e_2 = e_i$

$$\therefore e_0 = \frac{1}{2} e_i + \frac{1}{2CR} \int e_i dt \dots (2)$$

となり、入力電圧 e_i が t の関数でないなら(1)、(2)式の前項は定数項となり、積分は明らかに反転されています。このようにこの回路は非常に簡単で、さらにトランジスタSWのベースをTTLでそのまま駆動することができます。



〈図5〉球の回路 (縦、横必要)



そのほかに球のスピードを変えるための回路を加えると、最終的には図5のような回路を縦と横の二つ作ることになります。なお、この二つは完全に独立に動いています。

さて、もしこれが球縦とすると、ラケットの上下に当たったときのパルスをAに加えると、NANDのワンショットマルチでトランジスタSWを一定時間(図では150ms)ONにし、このとき入力電流をFETの定電流回路で定電流にしていますので、一定の電荷が200μFのコンデンサに充電されることになります。

ここで一度にコンデンサに充電させないため、ラケットに球を続けて何回も当たると、そのたびにコンデンサの両端の電圧、つまり積分器の入力電圧は増加し、球のスピードが速くなります。もっとも電圧に限界があり、またスピードを徐々に落とすために、200μFと並列に22kΩを入れています。

球の動き方は定電流の4.7kΩと、

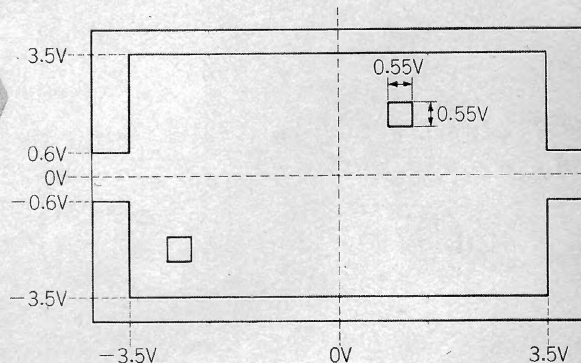
コンデンサと並列の22kΩで調整できますが、定電流の値は使用するFETの I_{DSS} によってだいぶ変わりますので、この4.7kΩは調整する必要があるかもしれません。結局積分器の入力電圧は、図6のように変化していき、球の速度を変えていくことになります。

極性切り替えのトランジスタのベース抵抗に、2MΩと高抵抗を使っていますが、これは、FET SWでないためにベース電流も積分してしまい、球が止まっている時のドリフトとなるためです。球全体の速度は、積分器の3μFを調整してください。球を中央に持ってくるスタートSWは、図5のように入力と積分のコンデンサをもう一つの回路と一緒に、4回路のプッシュSWで原始的にショートするというものです。

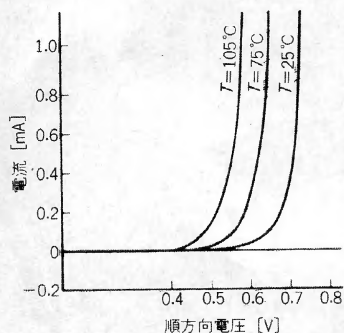
さてここまできたところで、さきほど導いた積分の式にもどりますが、なんと e_i は図6のように t によってだいぶ変化しています。つまり(1)式、

〈図7〉球、ラケット、わく、ゴールの電圧関係

〈図6〉積分器の入力電圧変化 e_i (200 μFの両端の電圧)



〈図8〉 シリコン・ダイオードの順方向特性

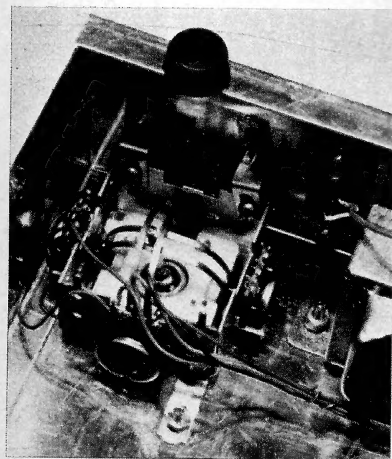


(2)式の前項を定数項とみなせないのです。特に問題になるのは当たったときの Δt による Δe_i の増加で、 e_i を0Vとしたとき Δe_i は(1)、(2)式に正入力として入り、(1)式の場合は負方向へ出力が出なければならないのに、最初は Δe_i のため正方向へ若干動いてから負方向へ動く、という根本的欠陥があります。

しかしながら回路テクニックである程度カバーできますし、初速度ゼロのときのみわずかに気になる程度です。厳格な方は他の回路で考えてみてください。それから積分器のコンデンサは極性を打ち消して(+-、-+と直列に)、必ず無極性にしてください。

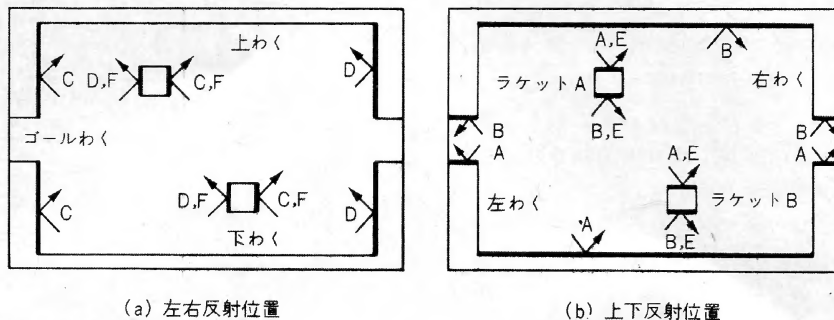
球反射

まずラケットやわくの電圧を決定します。OPアンプを+6V、-6Vで動かしますので、出力振幅は±4Vは出ると思われます(球の積分



〈写真1〉 ラケット用可変抵抗

〈図9〉 反射位置 (A, B, C, D反射パルス, E, F加速パルス——全回路図参照)



(a) 左右反射位置

(b) 上下反射位置

器の出力電圧の実測は+5.1V、-4.1V)。そこで上下左右わくの電圧を図7のように±3.5Vに決めます。ゴールわくの±0.6Vは、あまり大きくするとゴールにすぐ球が入ってしまいますので、一応この値で作り、後でゲームをしながら自由に調整して一番おもしろくなるようにしてください。

ラケットの大きさはどここの場所でも一定でなければなりませんので、シリコン・ダイオードの順方向電圧0.55Vを使っています。普通シリコン・ダイオードの順方向電圧は0.7Vですが、図8のように流す電流や温度によっても大きく変わり、この回路ではラケットの可変抵抗に20kΩを使用している関係上、あまり電流がとれず、約10μAしかダイオードに流していません。

ラケットの位置は可変抵抗で動かしますが、一つのラケットに縦、横二つ使います。これは別々の可変抵抗を使ってもよいのですが、最近4ch用としてレバーを前後左右自由に

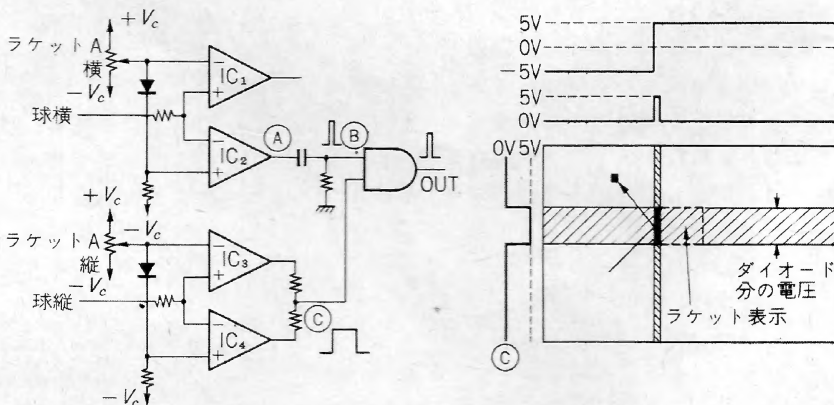
動かせる可変抵抗が秋葉原に出回っています。

このしくみは非常に機械的で、四方に90°回転の可変抵抗があり、お互いに半円の金属バンドでつながっていて、その中点をレバーで動かすと、VRがその方向の成分だけ回る(写真)というものです。直観的で使いやすいのですが、難をいえば細かい動きがしづらいのが欠点です。それと一番の問題は寿命の点が心配で、動かし方の頻繁さは本来の使い方の比ではありません。

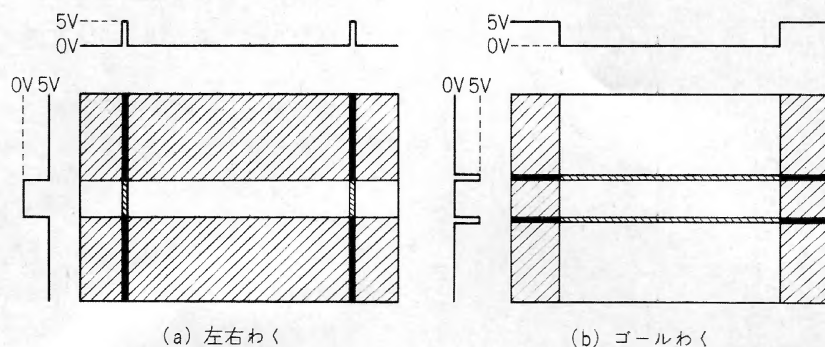
図9は、球がどこに当たるとどんなパルスが出るかを示したものです。ここに示した記号は全回路図を参照してください。見てもわかるように反射位置の検出場所がこれだけあるのですから、回路がそれだけ複雑になるのも理解いただけると思います。

たとえば図10を見てください。これはラケットの左で反射するパルスを作る部分ですが、動作は次のように考えます。まず球縦の電圧がちょうどウィンド・コンパレータになっ

〈図10〉 ラケット左の反射パルスの作り方



〈図11〉 左右ゴールわく反射の作り方



ているIC₃, IC₄のダイオード分の電圧のわく内に入ると、このときだけ両方のコンパレータは“H”になり、出力③も“H”になります。

これが第一条件で、次に横も見なければなりません、横はさきほどとは違い線ではなくてはなりません。なぜならば、面にしてしまうと、このラケットにどの面から球が当たっても、左面に当たったというパルスが出てしまうからです。そのためIC₂のコンパレータがラケットの左の電圧を示しますので、出力④を微分して積をとれば、目的のパルスは得

られることになります。

わくの反射も同じ考え方でよいのですが、上下わくが単にその面積をとっているのに対して、ゴールわくと左右わくは図11のラケットと同じように、反射検出部は線となっています。

さてここでコンパレータICに何を使うかですが、表示のコンパレータICも含めると何と30本も使うわけで、安くて低消費電力で高速という条件が必要です。

コンパレータ用ICとしては、 μ A710があります。出力はTTLレ

ベルで高速なのですが、電源電圧が+12V、-6Vと使いずらく、消費電力や値段の点で少し問題がありますので、ここでは μ A709を使用しています。このICでしたら名前の違う安い同一規格品も多量に出回っていますので、本数の割には安くできると思います。

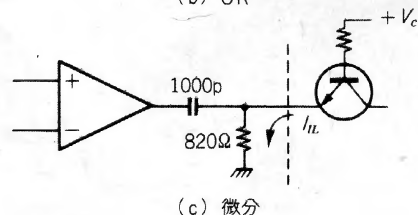
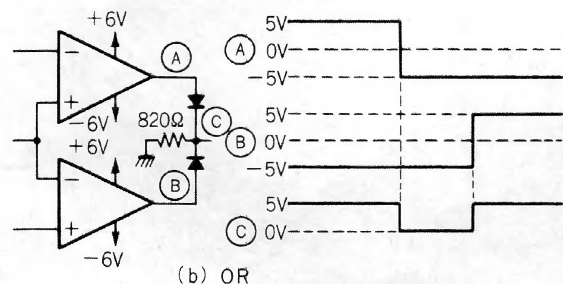
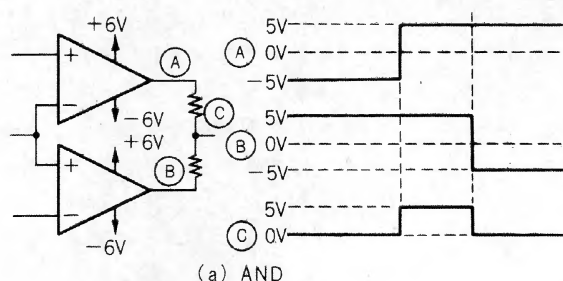
μ A709は位相補正が外部に出ている関係上、無補正で使えば高速のコンパレータとして充分実用性があります。また電源電圧を±6Vで使用すると、消費電力を少なくすることができ、“H”レベルがそのままTTLに直結可能です。ただ動作電圧が±9V～±15Vとなっていますが、別に問題はありません。

さらに入力保護がこのICには入っていないので、入力に2本のダイオードを入れたいところですが、球がフィールドの中を動いている状態では、別に問題はありませんので、不要と思われるものは積極的に省略しました。

OPアンプとTTLとのインターフェースは、OPアンプの数が非常に多いので、できるだけ簡単になるようにしています。

図12(a)のウィンド・コンパレータの出力③は、見掛け上はORですが、負電圧を考慮すると出力は何とANDになって、しかも負電圧は出てきません。

(b)はウィンド・コンパレータの入力の極性を変えることにより、出

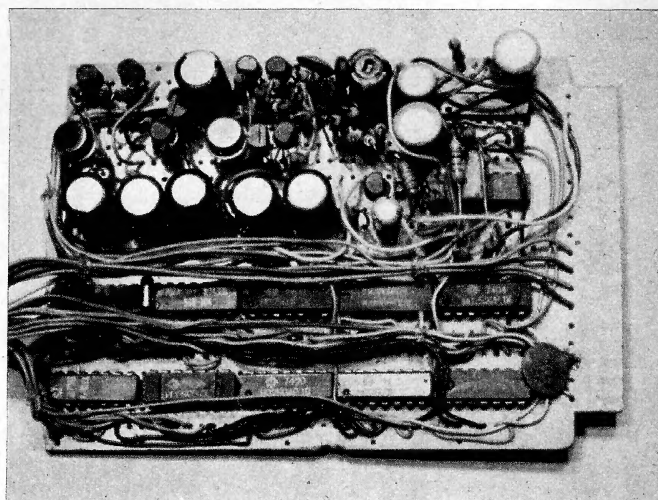


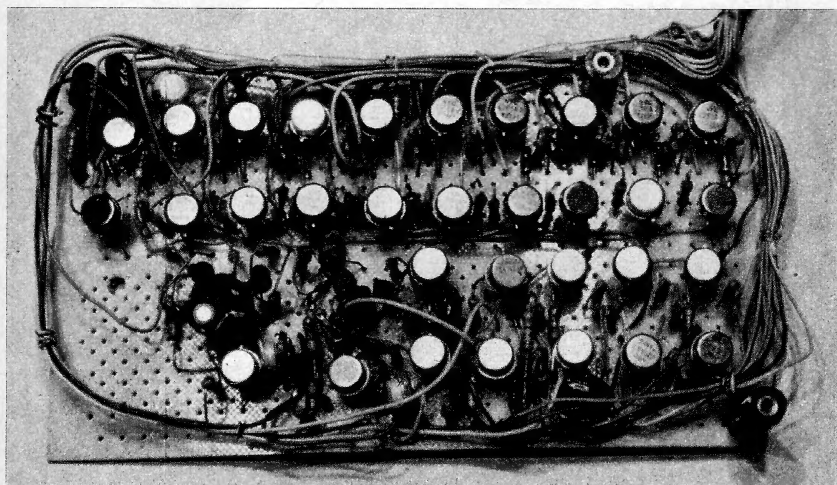
◀〈図12〉

OPアンプとTTLとのインターフェース

↓〈写真2〉

反射信号制御部と球の基板





〈写真3〉 反射検出部と表示基板

力はダイオードORを組んでORと
していますし、(a)のインバータと
も考えることができます。

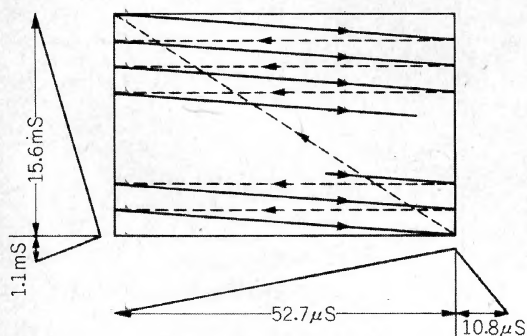
(c)の微分回路の抵抗は、TTL
からの流れ込み電流 I_{IL} (max1.6mA,
typ1.0mA)のために、あまり大き
いと“L”レベルを保てなくなりま
すが、そうかといって微分動作のた
めにあまり小さくもできません。一
応この820Ωで動作していますが、
まだ少し値が大きいようで、ノイズ
などを考えたらもう少し低い抵抗を
使いたいところです。

一部の回路で負電圧がTTLの入
力に加わりますが、ICのメーカー
によってクランプ・ダイオードが入
っているのと、いないのがあります
ので気をつけてください。

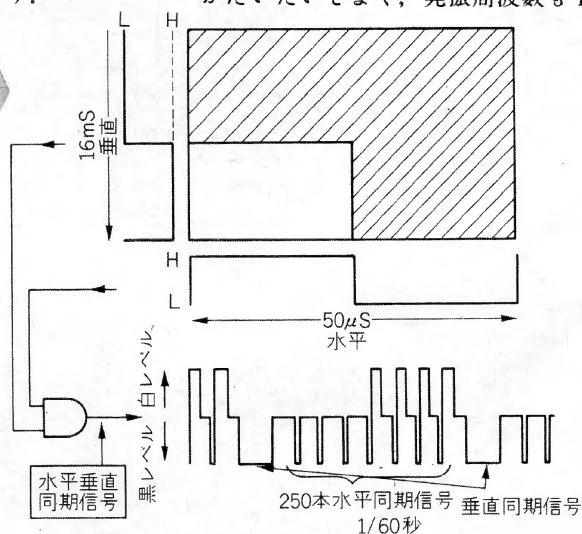
表示

さて、TVでこれらの球やラケット
などを表示するには、これらの映
像信号を作ってやらなければなりま
せん。

〈図13〉 TV画面の走査



〈図14〉
左下部表示の
映像信号



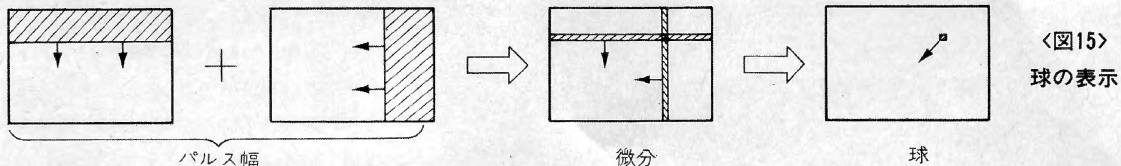
以上でだいたいの映像信号の感じ
がつかめたと思います。では実際に
動く球を表示する方法を考えていま
す。

まず球を水平の線と垂直の線の交
点、つまり積と考えます。またこの
線は面の端を微分したものと考えれ
ば、さきほど作った波形のパルス幅
を球の電圧に応じて変化させてやれ
ばよいわけです(図15)。

まず考えたことは、単安定マルチ
バイブレータのCRの積による時定
数のRをトランジスタに置き替え、
電圧の関数としてパルス幅変調をし
ようとしたのですが、リニヤリティ
と電圧の対応の問題を残しましたの
で、次に考えたのが今回使っている
コンパレータによる方法です。

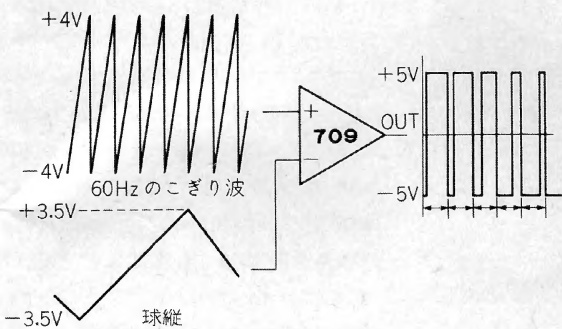
図16のようにコンパレータの⊕入
力に60Hzののこぎり波を、また⊖
入力に球縦の電圧を入れます。する
と出力からは球とのこぎり波の電圧
の一致した所を境に、パルス幅変調
された波形が出てきます。このよう
に電圧で作っているために簡単に正
確に設定でき、さらに反射パルスで
使った位置の電圧をそのまま使えま
す。しかしその反面正確なのこぎり
波を必要とすることになります。

まず安定な発振をと考え、トラン
ジスタのマルチバイブレータで60H
zを発振させています。デューティ
は図17のように決められてはいます
がだいたいでよく、発振周波数もT



〈図15〉
球の表示

〈図16〉 コンパレータによるパルス幅変調

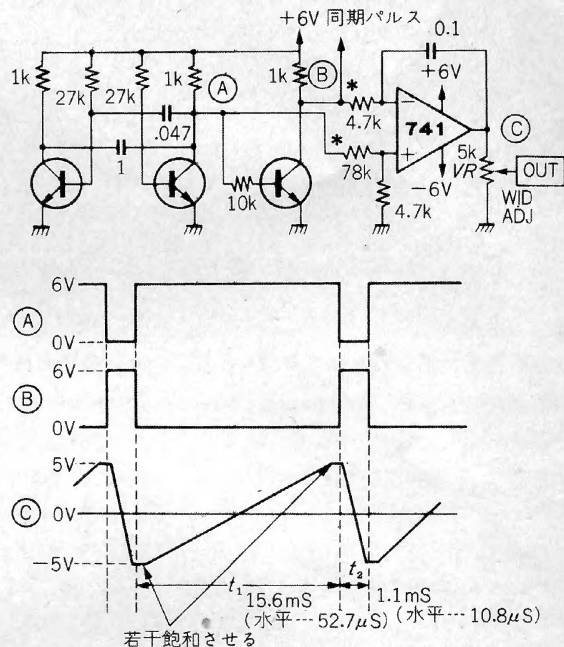


Vで変えられますので、そんなに気にしなくてもよいようです。⑥の波形は④のインバータですが、実は Tr_1 のコレクタからも同じ波形がでますが、波形がきたなくて同期パルスのための負荷がかかるので使っていません。

問題は次ののこぎり波を作るところで、 t_1 の間④を⊕入力で積分し、 t_2 の間⑥を⊖入力で逆積分を行なって、電源電圧いっぱいなのこぎり波を作ります。しかしこれがくせもので、なかなか理想的にはいかず、まず一発でこの波形がでることはないと思いますから、オシロをながめながら積分抵抗を調整してください。

調整は※の抵抗を半固定にしてもよいのですが、調整後は固定抵抗に置き替えたほうが安定度の点で有利です。それから上限と下限は図のように若干飽和させますと、動作が安

〈図17〉
垂直のこぎり波を作る



定します。

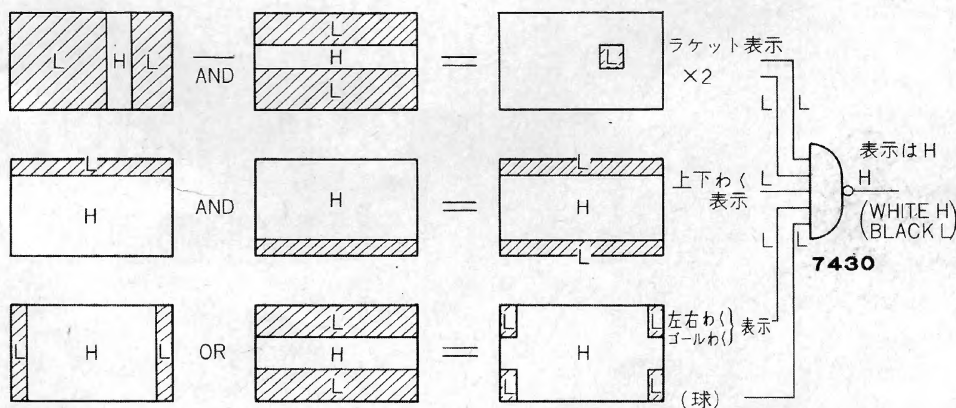
水平も同じでよいのですが、741は使用できません。なぜならば741のスルーレートは $0.3V/\mu S$ くらいだからです。ここでは $10\mu S$ で $10V$ 下降させるとして、 $1V/\mu S$ で709を発振しない程度に調整して使っています。WID・ADJでOUTを小さくしますと、逆にTV上の画面は拡大されますので……。

球以外の表示は球のところで説明したのと同じように、コンパレータ入力の片側にのこぎり波を、他方に

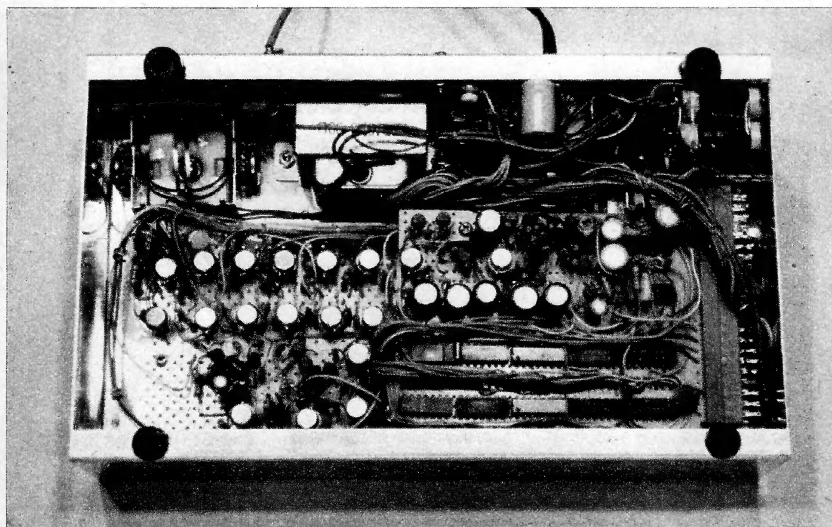
表示する部分の電圧を加えます。ただ今度は表示が面ですので微分はせず、ウィンド・コンパレータを用いたり、ANDやORで単純に図18のように区域を表示しています。

なお、縦を表示する部分のコンパレータには60Hzののこぎり波を、横を表示する部分のコンパレータには $15.75kHz$ ののこぎり波を加えます。

ここまでくるとわかると思いますが、前にも述べたように表示と反射との関係は反射が主体で、表示はそ



〈図18〉
ラケット、わく、
ゴールの表示



〈写真4〉本機の内部（ただし、オプションの得点表示回路は含まない）

の電圧関係を水平、垂直ののこぎり波を使うことによりTV上に映すだけです。表示と実際の反射位置がずれることはありえないのです。

反射音

ラケットに球が当たっても何も音がしないのもつまらないですから、入力電圧コントロール部の単安定マルチの出力で、NANDの発振器を一定時間ONにし、出力はトランジスタ・ラジオ用のアウトプット・トランスでスピーカを鳴らしています。

出力

さきほどの表示部で作った信号と、同期信号をCRで合成しますと、映像信号ができ上がります。さらにこの映像信号をTVの電波とするためには、一石のRF発振器で2ch（96～102MHz）を発振させ、ダイオードでAM変調をかけて、出力としていますので、これをTVのアンテナ端子に接続すればそれだけでOKです。

電源

このゲーム・セットの一つの重要なポイントは、いかに安定な電源を組むかで、ここの変動がそのまま画面に現われますので、しっかりした電源を作ってください。消費電流は使用したICの本数の割には少なく、+6Vが250mA、-6Vが80mAとなっています。これはOPアンプを±6Vで使用したために、消費電力

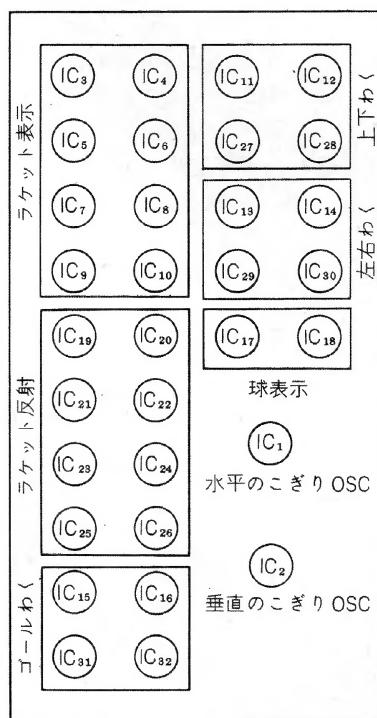
が減ったものと思います。

しかし、一方でTTLを6Vで使っていますので、消費電流が少し多めですが、すべてゲートICですので無理を承知で使っています。

製作

部品は4ch用VR以外はすべて手持ちのものばかり使っていますので、709さえ安く手に入ればそんなに

〈図19〉IC配置図



金をかけずにできるのではないかと思います。

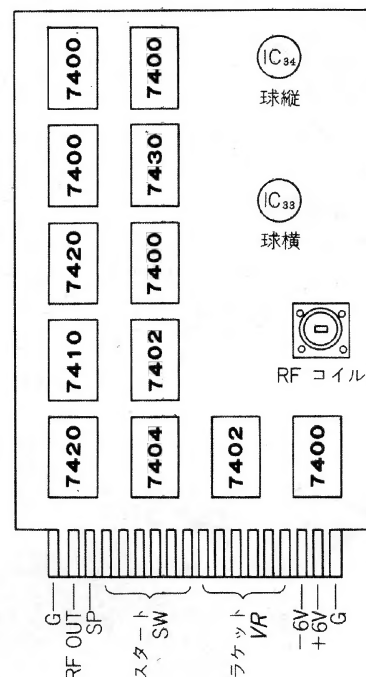
基板は図19のように万能基板2枚に電源部を除いてすべての回路を入れ、高密度実装としています。プリント基板にしてもよいでしょう。

もっともかなり詰め込んでありますので、もっとゆったりとICを配置するほうが作りやすいと思います。709の不要なピンはあらかじめ切っておかないと、後でトラブルの原因にもなります。

OPアンプからTTLへいく線は多いですから、色分けなどをしてできるだけミスをしないように配線してください。この回路図ではパコンは入っていませんが、実際はいたる所に入れてあり、ケミコンも数百μFを各所に入れて、画面が反射音やパルスで乱れないようにしています。

調整

この回路で一番問題となるのは、のこぎり波を作る所ですので、じっくり腰をすえて取りかかります。



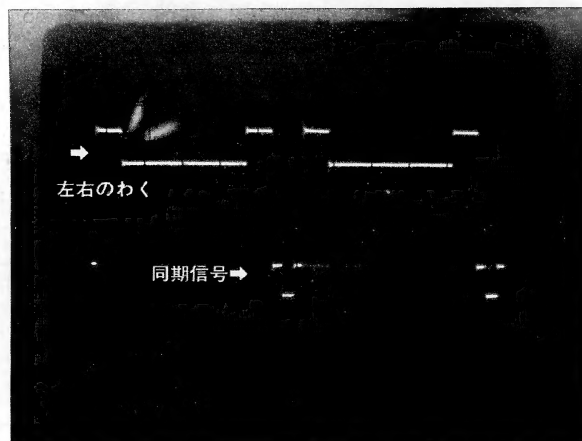
まず、マルチバイブレータの発振周波数と波形が図17のようになっているかを確認してください。値がそんなにずれることはないと思いますが、後でTVの同期ツマミを動かさなくて済みます。次の積分ではオシロは必ず必要で、図17の波形になるように抵抗をカットアンドトライで調整します。

水平の709の位相補正をしすぎると、スルーレートが悪くなり、所望の波形がでなくなりますが、そうかといって少ないと発振してしまいますので、ここもまた調整を要する個所です。

ここまでくれば後はTVをみながら調整できますが、その時W I D・A D Jは最大にしておきます。

始めから電波にしてもよいのですが、変調をかけるとそれだけまたトラブルも増えますので、図20のように最初は映像信号だけをTVの映像増幅管のグリッドに入れて、調整したほうがよいようです。ただこの信号は正極性ですので、トランジスタTVの場合はグラウンドと信号線をひっくりかえしてつけるというインチキをします。

変調はダイオードに流す電流により等価内部抵抗が変わるという、非直線性を利用してA M変調をかけています。R Fの発振は2chに合わせていますが、これは関東の場合で、1～3chの中の空きチャンネルに発



〈写真5〉
水平方向の映像信号
(上側が白、下側が黒)

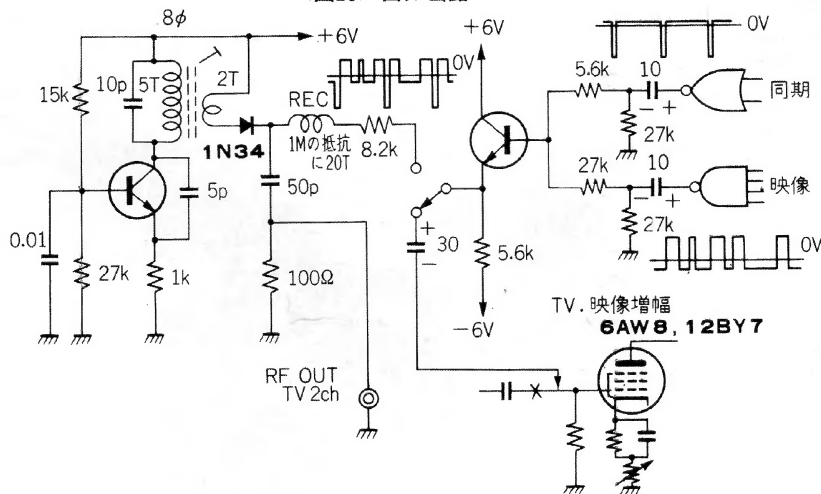
振周波数を合わせてください。

出力はTVのアンテナ端子につければよいのですが、強電界ですと他のチャンネルの波の影響を受けますので、同軸やシールド線で接続したほうがよいようです。一方これは発振器で電波が出ていますので、共同受信アンテナなどの場合は、アンテナをはずしておかないと、他のTVに影響を与えますので注意が必要です。

表示さえ出れば後は楽なもので、球が反射しなければその部分を追っていけばよいわけで、TVという表示器を充分活用してください。全体の位置が少しずれている程度でしたら、電源電圧を少し変えることにより直ります。

結 果

〈図20〉 出力回路



安く作ろうとしたために、コンパレータに709同等品を使ったり、後は手持ちの部品で作ったため非常に安くできました。しかし新品を使ったとしても安い場所を捜して買えば、1万5千円以内で作れると思います。

ところでこの709ですが、写真のラケットの大きさは回路からいくと縦より横の表示が大きくなるのですが、どういうわけか表示はほぼ逆です。これは実に709の立ち上がりの遅れによるもので、710と比較すると一目瞭然です。スルーレートの問題は問題はないのですが、立ち上がるまでの時間の遅れによるものと思われます。

しかしゲームとしてはほとんど問題にならない所で、充分楽しめる範囲となっています。

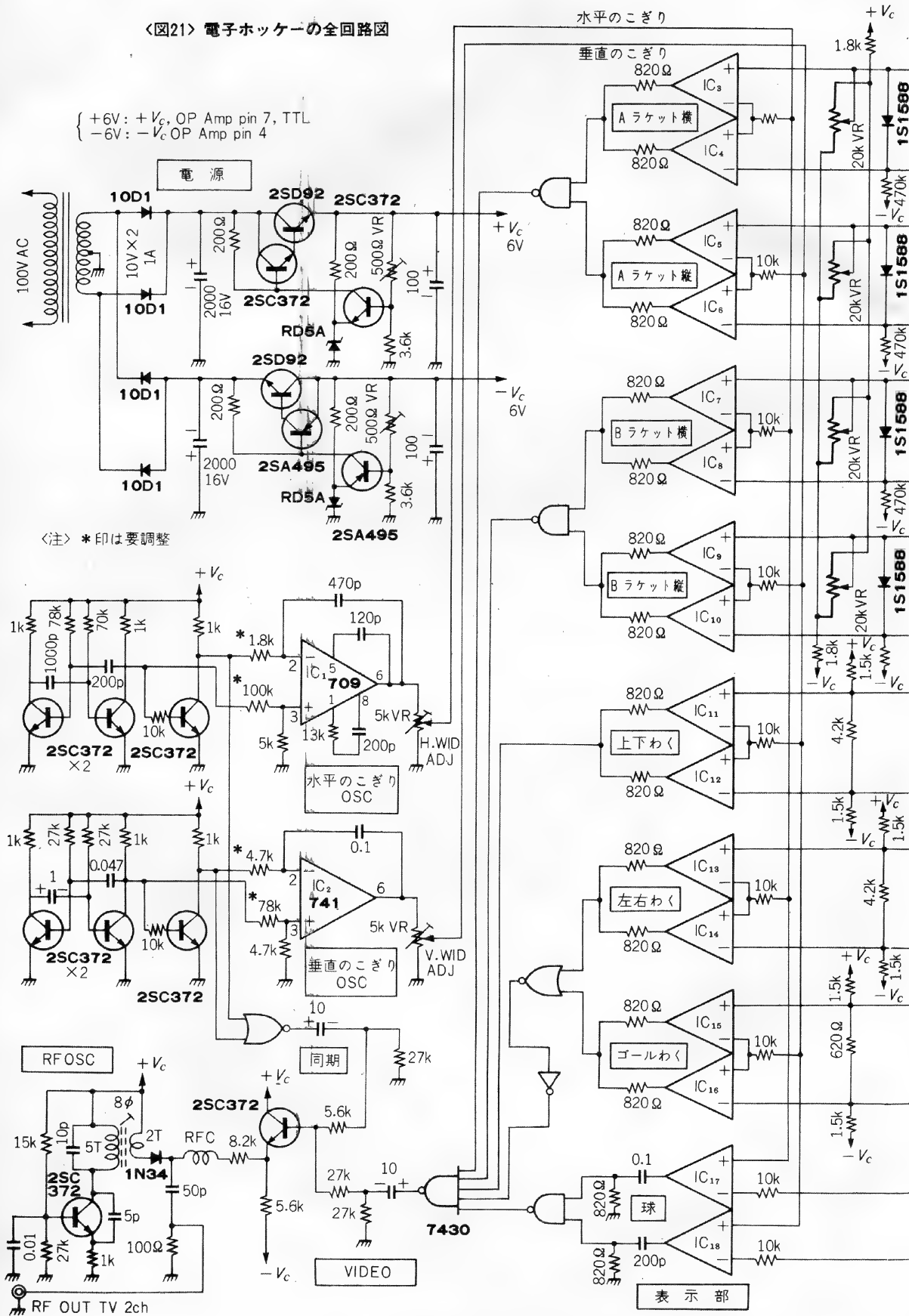
ゲームをさらにおもしろくするための 得点表示部の製作

ゲームとしてはこれまでの回路で充分楽しめると思いますが、ここまで作るとさらにゲームとしての機能を増加させようと思いたくなるのが人情です。

これから説明する得点表示部の製作は、互いのゴールに入れた点数を7セグメントでTVの画面上に表示しようというもので、本体をほとんどいじらないので、オプション的な形となります。

本体だけでもかなりのICを使用していますので、ゲームの回路にこ

〈図21〉 電子ホッケーの全回路図



れだけ凝る必要があるかどうかは疑問ですが、ゲーム自体のおもしろさが増す上に技術的なおもしろさが加わりますので、余力のある方は作ってみてはいかがでしょうか。

回路構成

点数をつけるだけでしたら、発光ダイオード表示でよいのですが、それでは余りに平凡です。TVという表示画面があるのですから、数字をいかに簡単に表示させるかを考えてみます。ダイオードによるマトリックスで数字を作るとすると、回路は複雑になりますので、ここでは7セグメント・デコーダICを用いて、7セグメントの数字を2個表示させることにします。

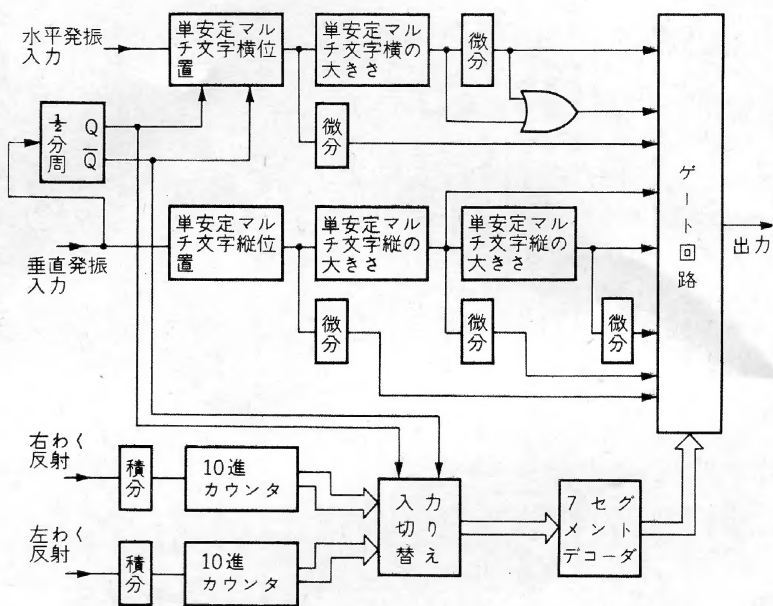
図22がブロック・ダイアグラムですが、カウンタが二つあるのにデコーダが一つしかないのは、一つの文字で位置を変えることにより、二つの文字として使っているためです。これにより結局一つの数字を作ればよいことになります。

基準になる水平、垂直のクロックは、本体のマルチバイブレータの出力からもらいますが、そのままTTLの入力に加えますと、この負荷の影響で画面の位置がずれてしまいましたので、入力はトランジスタで受けて負荷を軽くしています。このクロックを基に、単安定マルチバイブレータと微分で数字を形成しますが、図23を見てください。

水平のクロックでまず位置を決めるための単安定マルチバイブレータを働かせ、その立ち下がり微分すると同時に、次の文字の大きさを決める単安定マルチバイブレータを働かし、さらにその立ち下がり微分もとります。

垂直方向も水平と同じ考え方で作ればよく、最終的には2本の縦線と3本の横線を作ることになります。ここまで作りしたら、7セグメントのおおののセグメントはこれらの波形の積をとればよいのですが、積だけでは数字の右下端が欠けてしまいますので、一部和も使用してい

〈図22〉 得点表示のブロック・ダイアグラム



ます。

これで基になる「日字型」ができましたので、7セグメント・デコーダICの出力をおのおのに加えれば目的とする数字ができ上がります。これで1文字分はできましたが、二つめはこれをそのまま使い、時間的に位置だけを変えることによるダイナミック表示としています。

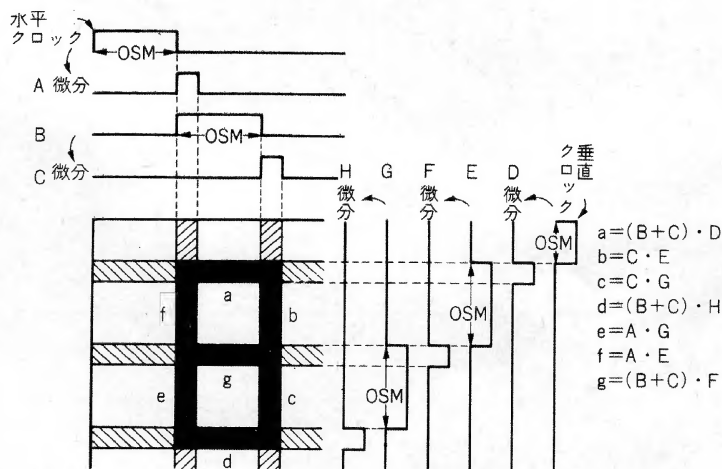
つまり始めの1/60秒で左の得点を表示した後、次の1/60秒で水平方向の位置を決める、単安定マルチバイブレータの時間幅の時定数を大きくして、右の得点位置になるようにします。表示時間は1/2になり

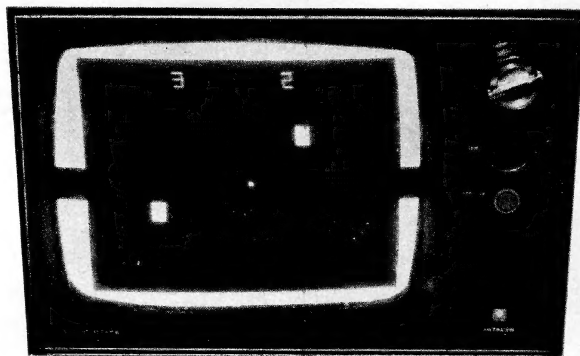
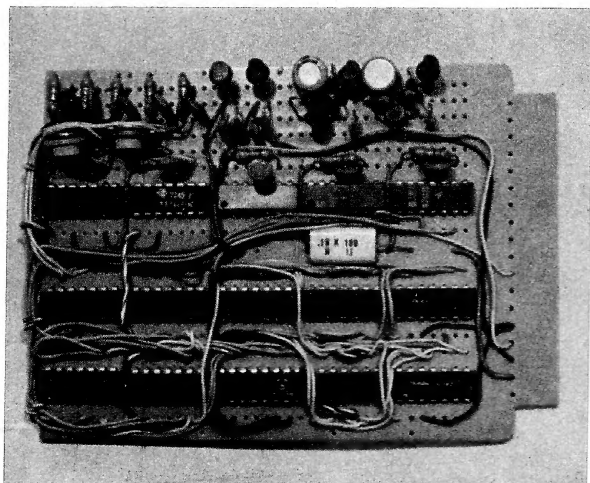
ますが、都合のよいことに明るさも半分になって、球やラケットと区別がつきやすくなります。また1/30秒ごとの表示でしたら、ちらつきはほとんど無視できます。

もちろんこれと同時に、このデコーダICの入力となる点数のカウンタの両出力をも切り替えています。

ところで本体のどこから得点の信号をもらうかですが、残念ながらこのままでは得ることはできません。ゴールワクの内にもう一つコンパレータをつけて、検出してもよいのですが、それでは本体をいじってしまうことになります。そこで左右ワク

〈図23〉 単安定マルチバイブレータと微分による数字の表示





◀写真7▶ TV画面に表示したラケット（四角）と球（白い点）。数字は得点表示

◀写真6▶ 得点表示基板

の反射のコンパレータ出力に注目します。

ここでは球が左右ワクに当たると、出力は“H”になりますが、球は反射してすぐに“L”にもどります。一方、ゴールの中へ入ると“H”になったままの状態を続けます。そこでこの出力を積分すれば、得点信号が作れることになります。この回路では50 kΩと3 μFで積分回路を構成していますが、誤動作は起こしていません。

次に表示出力ですが、DTLによるワイヤードORの出力は負論理です。これを本体のどこにつけるかですが、表示用のコンパレータの出力

はすべて、7430に入って負論理でORされています。このICは8入力NANDで3入力余っていますので、この一つに入れています。

以上は図24を参照してください。

最後に電源ですが、MSIも含んでいますので、これを6Vで動作させるのは酷ですから、直列にシリコン・ダイオードを入れて、5.3Vで使用しています。電流は約200mA流れますので、本体の電源と相談してください。

製作・調整

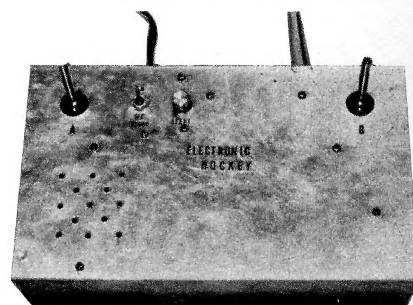
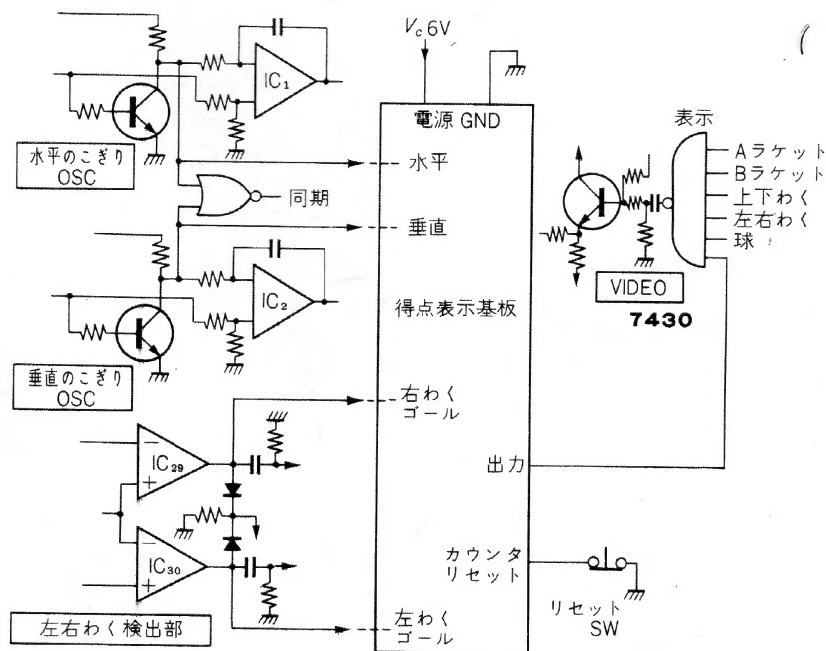
ゲートにDTLを使用していますが、これは出力を直接結合してワイヤードORできるというTTLにな

い特徴があり、ゲートICを一つ省けるからです。ただDTLは手に入りにくいので、TTLにするにはHD2203Pを7400に、HD2207Pは7410に変え、ワイヤードORを8入力の7430にして、最後をインバータすればかまいません。

製作としては、ゲートの配線さえ間違えなければ、確実に動作すると思いますが、ただ74121の時間幅と微分時間の調節が必要です。これはそんなに値が大幅にずれることはないと思います。数字の大きさはゲームに支障のないよう、ラケットと同じくらいの大きさにして中央上部に表示します。

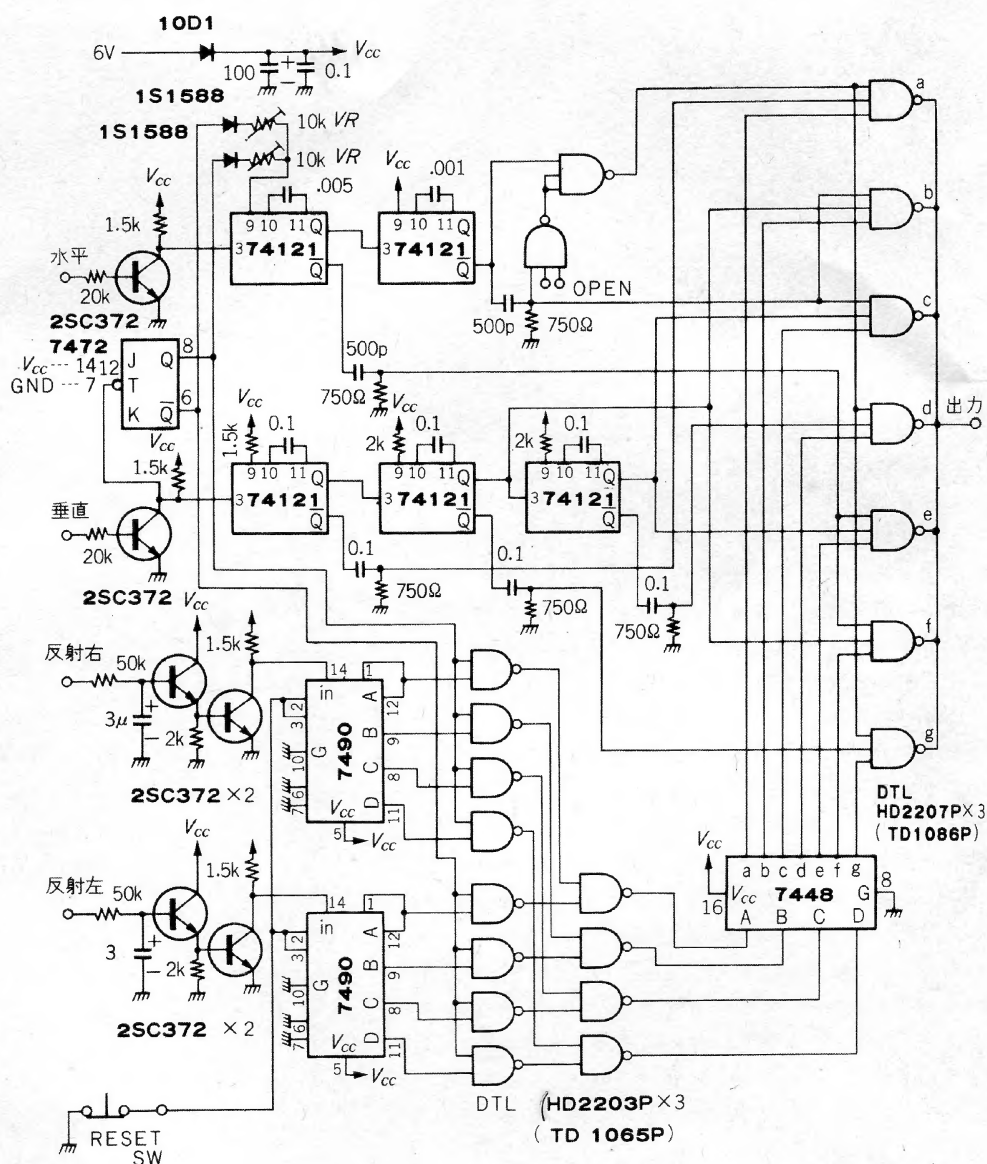
74121は、単安定マルチバイブレータで、入力ゲートの出力が“L”→“H”でトリガがかかります。出力パルス幅は、 $\tau = 0.69CR$ で決定されます。Cはピン10と11の間に入れますが、極性はピン10が(+)になります。Rは11ピンと14ピンにつけますが、中付き抵抗2 kΩがピン9と11に入っていますので、それを使うこともできます。つまり外部抵抗

◀図24▶ 本体との接続図



◀写真8▶ 本機の外観

〈图25〉
得点表示回路图



トランジスタ技術